

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality zemědělských produktů



**Stanovení sterolů a profilu mastných kyselin ve vybraných
druzích jedlého hmyzu**

Diplomová práce

Autor práce: Kristýna Baštová

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Stanovení sterolů a profilu mastných kyselin ve vybraných druzích jedlého hmyzu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12.04.2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za její vstřícný přístup, ochotu a rady při vypracovávání diplomové práce a také za její čas na konzultacích. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Anně Adámkové a Ing. Monice Sabolové za poskytnutí vzorků jedlého hmyzu a pomoc při analýze vzorků.

Stanovení sterolů a profilu mastných kyselin ve vybraných druzích jedlého hmyzu

Souhrn

Tato diplomová práce se věnuje problematice jedlého hmyzu, konkrétně stanovení sterolů a profilu mastných kyselin u vybraných druhů potěmníků. V literární rešerši jsou v jednotlivých podkapitolách uvedeny nutriční hodnoty, jako jsou bílkoviny, sacharidy, tuky, vitaminy a minerální látky, obsažené v jedlém hmyzu. Práce se dále zabývá historií entomofagie a pohledem světové populace na požívání jedlého hmyzu.

V praktické části jsou popsány analyzované vzorky larev tří druhů jedlého hmyzu: potěmníka moučného (*Tenebrio molitor*), potěmníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) a potěmníka brazilského (*Zophobas morio*). Je zde také specifikováno stanovení sušiny pomocí infračervených vah, obsahu tuku pomocí metody dle Soxhleta, profilu mastných kyselin na plynovém chromatografu s hmotnostní detekcí a obsahu sterolů.

Hodnoty obsahu tuku byly nejvyšší u analyzovaného vzorku potěmníka brazilského (*Zophobas morio*). Výsledky diplomové práce ukazují, že profil mastných kyselin u analyzovaných druhů potěmníků je stejný, liší se však procentuální zastoupení jednotlivých kyselin. U všech druhů jsou nejvíce zastoupeny tyto tři kyseliny: olejová kyselina C18:1 cis-9, poté linolová kyselina C18:2 cis-9,12 a palmitová kyselina C16:0. Obsah sterolů byl sledován u potěmníka brazilského (*Zophobas morio*) a potěmníka moučného (*Tenebrio molitor*). Vyšší množství cholesterolu a β -sitosterolu bylo zjištěno u potěmníka brazilského (*Zophobas morio*). Naopak potěmník moučný (*Tenebrio molitor*) vykazoval vyšší hodnoty kampesterolu a stigmasterolu.

Jedlý hmyz by tedy v budoucnu mohl být vhodnou alternativou k jiným živočišným produktům. Jeho výhody především spočívají ve snadné dostupnosti pro rozvojové země, v zastoupení esenciálních mastných kyselin a jednoduchosti distribuce. Je však nutné provádět další sledování a analýzy, aby byly prozkoumány všechny aspekty týkající se nutriční kvality a předešlo se případným negativním účinkům. Jedlý hmyz totiž obsahuje látku chitin, která u některých osob může vyvolat alergickou reakci.

Klíčová slova: Jedlý hmyz, tuk, steroly, profil mastných kyselin, potěmník moučný, potěmník stájový a potěmník brazilský

Determination of sterols and fatty acids profile in selected species of edible insects

Summary

This final thesis covers the topic of edible insects, namely the determination of sterols and fatty acid profile in selected species of beetles. In a literature review, particularly in individual subsections, there are mentioned nutritional values, such as proteins, carbohydrates, fats, vitamins and minerals contained in the edible insect. Further this final thesis states the history of entomophagy and the view of the world population at eating edible insects.

In the practical part, there are described samples of analysed larvae of three kinds of edible insects: mealworm (*Tenebrio molitor*), *Alphitobius diaperinus* and superworm (*Zophobas morio*). There is also specified determination of dry matter by using infrared weights, determination of fat content using Soxhlet's method, fatty acid profile by gas chromatography with mass detection and sterol content.

The fat content values reached the highest figures for the analysed sample of superworm (*Zophobas morio*). The results of this thesis show that the fatty acid profiles of analysed species of beetles are the same, but the percentage ration of individual acids varies. In all selected species, the following three acids are present as the most common: oleic acid C18:1 cis-9, then, linoleic acid C18:2 cis-9,12 and palmitic acid C16:0. The content of sterols was observed in superworm (*Zophobas morio*) and mealworm (*Tenebrio molitor*). Higher amounts of cholesterol, β -sitosterol were found in superworm (*Zophobas morio*). On the other hand, mealworm (*Tenebrio molitor*) showed higher values of stigmasterol and campesterol.

In the future, edible insects could be a reasonable alternative to other animal products. Its advantages are based on easy access for developing countries, a representation of essential fatty acids and a simple distribution. However, the additional analysis to explore all aspects of nutritional quality to avoid any potential negative side effects is needed, too. One reason is that edible insects contains chitin, which is a substance, that may cause allergic reactions to some individuals.

Keywords: Edible insects, fatty acids profile, sterols, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Zophobas morio*

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Entomofagie	9
3.2 Jedlý hmyz	10
3.3 Nutriční hodnoty jedlého hmyzu	11
3.3.1 Sacharidy	11
3.3.2 Bílkoviny	12
3.3.3 Tuky	13
3.3.4 Vitaminy	15
3.3.5 Minerální látky.....	17
4 Materiál a metodika	19
4.1 Materiál.....	19
4.2 Stanovení sušiny	19
4.3 Stanovení obsahu tuku.....	19
4.4 Stanovení profilu mastných kyselin.....	20
4.5 Stanovení obsahu sterolů	21
4.6 Stanovení indexů	21
4.7 Statistická analýza.....	21
5 Výsledky	22
6 Diskuze	27
7 Závěr.....	32
8 Literatura:	34
Přílohy.....	39

1 Úvod

Hmyz hrál velmi důležitou roli jako zdroj potravy v dějinách lidské výživy, a to zejména v rozvojových zemích. Přesto je entomofagie často považována za zvláštní zvyk, který praktikoval „primitivní člověk“ (Bodenheimer, 1951). Pohled na entomofagii je velmi ovlivněn kulturními a náboženskými zvyklostmi. V mnoha částech Afriky, Asie, Jižní Ameriky a Austrálie je konzumována široká škála produktů živočišného původu, které nemusí být známe pro evropskou populaci. Mezi tato zvířata se řadí mnoho různých druhů hmyzu, jako jsou sarančata, kobylky, termiti, mravenci, brouci a housenky. Hmyz je obvykle posbírán ve volné přírodě a často zasyrova požíván na místě (Bukkens, 1997). Ve většině západních zemích Evropy však lidé pocítují averzi k požívání jedlého hmyzu (Rumpold et al., 2013).

Pohled na hmyz jako potravinu se v Evropě a také v České republice pomalu mění. Vzhledem k rostoucímu zájmu o tuto problematiku vznikla celá řada studií, které ukazují hmyz nejen jako vhodný zdroj základních živin ale i jako funkční potravinu. Obecně bylo zjištěno, že hmyz představuje dobrý zdroj bílkovin, tuku, minerálních látek, vitaminů a energie. Obsah těchto živin velmi závisí na mnoha faktorech jako jsou například: druh, vývojové stádium, pohlaví, věk, výživa a další. Energetický obsah hmyzu je v průměru srovnatelný s masem, s výjimkou některého vepřového masa, kvůli vysokému obsahu tuku. Vzhledem k těmto vlastnostem, jedlý hmyz může přispět k celosvětovému zabezpečení potravin a stát se také zajímavou alternativou krmiva.

Nicméně antinutriční a škodlivé složky hmyzu by měly být vzaty rovněž v úvahu. Bylo zjištěno, že hmyz může způsobit alergické reakce a obsahovat toxické látky. Své využití by našel i v jídelníčku kosmonautů či obyvatel satelitních měst na oběžné dráze kolem Země (Rumpold et al., 2013; Bednářová et al., 2013; Ramos-Elorduy, 2009; Yen, 2009).

2 Cíl práce

Diplomová práce se zabývá problematikou profilu mastných kyselin a doprovodných lipofilních látek po jejich extrakci metodou plynové chromatografie. Výsledky profilů mastných kyselin a zastoupení doprovodných látek lipidů u jednotlivých druhů jedlého hmyzu budou navzájem porovnány.

Hypotéza: Profily mastných kyselin a sterolů jedlého hmyzu se liší v závislosti na druhu.

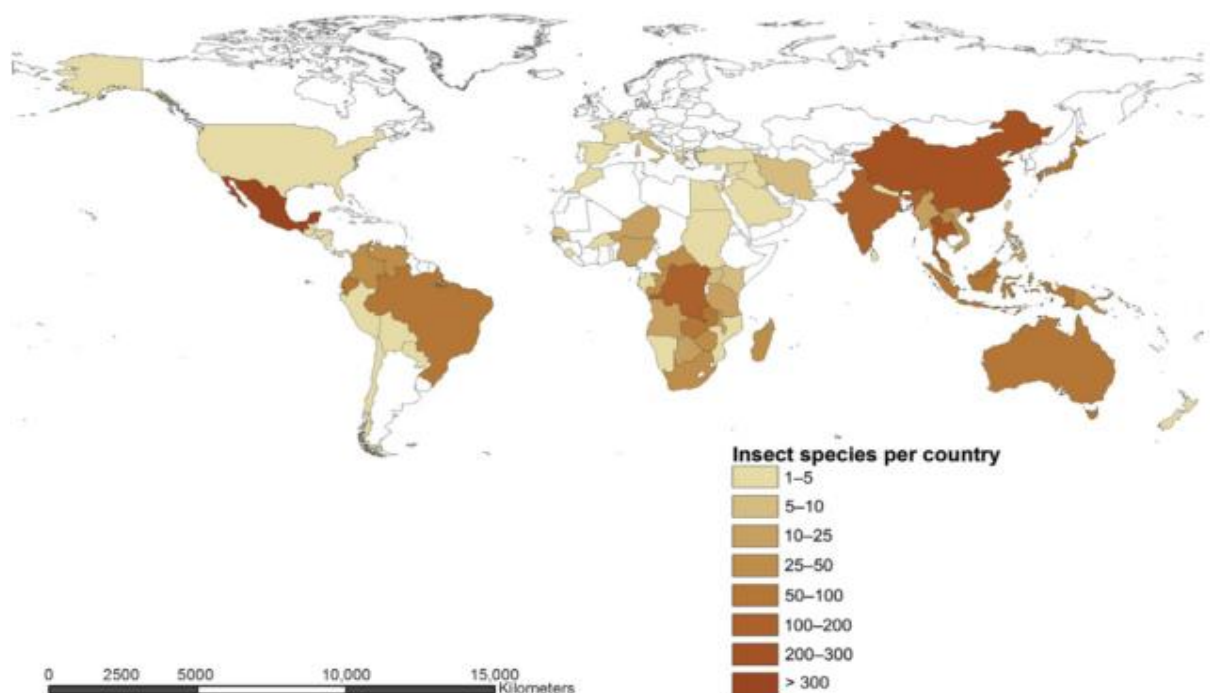
3 Literární rešerše

3.1 Entomofagie

Entomofagie je pojem, který v „praxi znamená stravování se hmyzem“ (Evans et al., 2015). V některých kulturách tvoří hmyz pravidelnou součást jídelníčku, například jako přílohu, svačinu, nebo složku jednotlivých jídel, kdykoliv během roku. Některé formy hmyzu jsou oceňovány jako pochoutky, například larvy *Rhynchophorus (Curculionidae)* a alate mravenci (*Formicidae*) od Tukanoan indiánů v severozápadní Amazonii. Obecně je však hmyz konzumován, aby se zabránilo hladovění. Řada studií ukazuje, že hmyz je nejčastěji sbírán, pokud nejsou k dispozici jiné potraviny živočišného původu, popřípadě jsou dostupné ve velmi omezeném množství (Dufour, 1987).

Využití jedlého hmyzu se liší podle místních preferencí, sociokulturního významu a regionu (obrázek č. 1) (Shockley et al., 2014). Pojídání jedlého hmyzu bylo původně pouze lokální záležitostí. Poté byl hmyz prodáván v různých městech a později na národní i mezinárodní úrovni. Pokrmy s jedlým hmyzem kupovali lidé z různých zemí, věkových skupin, ras a náboženství. Hmyz byl konzumován v odlišných formách a to: živý, vařený, pečený, nebo dokonce smažený pouličními prodejci. V restauracích byl prezentován jako pochoutka, která měla zcela jiný a mnohem atraktivnější vzhled (Ramos-Elorduy, 2009).

Recorded edible insect species in the world



Obrázek č. 1: Počet druhů jedlého hmyzu podle států (Shockley et al., 2014).

O entomofagii začíná být stále větší zájem po celém světě, a to nejen v zemích s historicky známou konzumací hmyzu, jako jsou Mexiko, Japonsko, Čína a mnoho afrických zemí, ale také v Evropě (tabulka č. 1). Podle studie uskutečněné v České republice jsou ke konzumaci vhodné tyto druhy hmyzu: Poteník moučný (*Tenebrio molitor*), Potemník brazilský (*Zophobas morio*), nymfa Cvrčka stepního (*Gryllus assimilis*), plod Včely medonosné (*Apis mellifica*) a nymfa Sarančete stěhovavého (*Locusta miragota*), naopak konzumace švába (*Blatta orientalis*) byla pro českou populaci nepřijatelná (Bednářová et al., 2013).

Tabulka č. 1: Spotřeba druhů jedlého hmyzu na kontinentech a četnost jeho konzumace v zemích (Ramos-Elorduy, 1997).

Kontinent	Počet druhů	%	Počet entomofágních zemí
Afrika	524	30	36
Amerika	679	39	23
Asie	349	20	29
Austrálie	152	9	14
Evropa	41	2	11

3.2 Jedlý hmyz

Hmyz se řadí mezi živočichy, kteří patří do kmene členovců (*Arthropoda*). Jedlý hmyz lze dále rozdělit do řádů (tabulka č. 2): brouci (*Coleoptera*), motýli (*Lepidoptera*), rovnokřídlí (*Orthoptera*), stejnokřídlí (*Homoptera*), polokřídlí (*Hemiptera*), síťokřídlí (*Neuroptera*), blanokřídlí (*Hymenoptera*), dvoukřídlí (*Diptera*), vši (*Anoplura*), střechatky (*Megaloptera*), vážky (*Odonata*), jepice (*Ephemeroptera*), chrostíci (*Trichoptera*), pošvatky (*Plecoptera*) a termity (*Isoptera*). Celkem je v těchto řádech 112 čeledí a 628 rodů (Ramos-Elorduy, 1998).

Tabulka č. 2: Druhy jedlého hmyzu na světě (Ramos-Elorduy, 1997).

Druh hmyzu	Latinský název řádu	Počet druhů
Vši	<i>Anoplura</i>	3
Jepice	<i>Ephemeroptera</i>	7
Vážky	<i>Odonata</i>	20
Sarančata, švábi a cvrčci	<i>Orthoptera</i>	239
Termity	<i>Isoptera</i>	39

Tabulka č. 2: Pokračování

Druh hmyzu	Latinský název řádu	Počet druhů
Ploštice	<i>Hemiptera</i>	92
Cikády	<i>Homoptera</i>	73
Srpice	<i>Mecoptera</i>	4
Motýli a můry	<i>Lepidoptera</i>	235
Chrostíci	<i>Trichoptera</i>	5
Mouchy a komáři	<i>Diptera</i>	3
Brouci	<i>Coleoptera</i>	344
Mravenci, včely a vosy	<i>Hymenoptera</i>	313

3.3 Nutriční hodnoty jedlého hmyzu

U hmyzu bylo prokázáno, že je bohatým zdrojem určitých bílkovin, tuků, sacharidů, vitaminů a stopových prvků (Bukkens, 1997). Nutriční hodnoty hmyzu jsou srovnatelné s běžným masem hospodářských zvířat. Obecně platí, že obsah dusíkatých látek se u hmyzu pohybuje v rozmezí od 40 % do 75 %, vztaženo na sušinu a v závislosti na druhu a stupni životního cyklu hmyzu. Kromě nutričních výhod má hmyz i nižší emise skleníkových plynů a amoniaku na kilogram hmotnostního přírůstku ve srovnání s hospodářskými zvířaty, například s prasaty a skotem (Klunder et al., 2012).

3.3.1 Sacharidy

Jedlý hmyz obsahuje malé množství sacharidů a jejich množství se liší podle jednotlivých druhů (tabulka č. 3). Avšak nedávný výzkum ukázal, že hmyz má značné množství polysacharidů, které přispívají ke zlepšení funkce imunitního systému lidského těla (Chen et al., 2010).

Nejvýznamnějším polysacharidem je chitin, který tvoří kryt hmyzu a představuje 5 až 20 % jeho sušiny. V přírodě existuje chitin jen zřídka v čisté formě, obvykle tvoří sloučeniny s jinými látkami, například s proteiny či lipidy. Někteří autoři naznačují, že chitin tvoří v hmyzu vlákna, protože je strukturně podobný celulóze. Ačkoli je chitin hůře stravitelný a vstřebatelný pro monogastriční zvířata, využívají se jeho deriváty, zejména chitosan, v lékařství, průmyslu a zemědělství. K významným přínosům chitinu se řadí například: snížení sérového cholesterolu, působení jako hemostatického činidla pro obnovu tkání, zvýšení hojení ran, antikoagulační prostředek, ochrana proti některým patogenům v krvi

a kůži. Dále poskytuje vysokou pevnost v tahu a biologickou rozložitelnost plastů pro spotřební zboží, podporuje odstraňování znečišťujících látek z odpadních vod, zlepšuje některé vlastnosti u textilu, inhibuje růst patogenních půdních hub a hlístic u pšenice, ječmene a ovsu, čímž pomáhá zvýšit výnosy až o 20 % (Mlcek et al., 2014).

Tabulka č. 3: Obsah sacharidů u vybraných hmyzích řádů (% sušiny) (Yang, 1998; Chen et al., 2010).

Hmyz	Sacharidy
<i>Odonata</i>	3,75
<i>Orthoptera</i>	1,20
<i>Homoptera</i>	2,17
<i>Hemiptera</i>	3,23
<i>Coleoptera</i>	2,81
<i>Lepidoptera</i>	8,20
<i>Diptera</i>	12,04
<i>Hymenoptera</i>	3,65

3.3.2 Bílkoviny

Jedlý hmyz je potenciálně významným a energeticky efektivním zdrojem bílkovin pro člověka, a to buď prostřednictvím přímé konzumace anebo jako doplněk stravy pro hospodářská zvířata (drůbež, prasata a akvakultury). Mnoha národů toho již využívá, například místní komunity v amazonské oblasti. Nicméně existují velké rozdíly ve zdrojích proteinové potravy. Rozvinuté národy mají vyšší spotřebu bílkovin na jednoho obyvatele než v rozvojových zemích, asi 96 g/osobu/den, ale mnohem větší podíl (65 %) z nich pochází z masa. Naopak, spotřeba proteinů v rozvojových zemích je mnohem menší, asi 56 g/osobu/den, a ještě menší část (pouze 25 %) z nich tvoří bílkoviny živočišného původu. Díky vysokému obsahu bílkovin u jedlého hmyzu by mohl u člověka a zvířat nakonec nahradit vyšší živočišné bílkoviny, které obvykle chybí ve stravě venkovských obyvatel v rozvojových zemích. Obsah proteinů se liší podle druhů hmyzu, ale obecně se jedná o velmi kvalitní proteiny (Mlcek et al., 2014; Ramos-Elorduy, 1997).

Analýzy ukázaly, že ve vajíčku, larvě, kukle a dospělci se obsah proteinu pohybuje mezi 15 až 81 % (vztaženo na sušinu). Obsah bílkovin u některých druhů hmyzu je rovněž vyšší než u kuřecích vajec, masa a drůbeže. Jedlý hmyz také obsahuje 10 až 30 % esenciálních aminokyselin a 35 až 50 % všech aminokyselin (tabulka č. 4). Stravitelnost hmyzích proteinů

nabývá hodnot 77 až 98 %, a to zejména po odstranění exoskeletu. Tyto hodnoty jsou jen o málo nižší než hodnoty uvedené u jiných zdrojů živočišných bílkovin, pro srovnání vejce 95 %, hovězí maso 98 % a kasein 99 % (Chen et al., 2010; Ramos-Elorduy, 1997; Mlcek et al., 2014; Banjo et al., 2006).

Tabulka č. 4: Obsah proteinů a aminokyselin u vybraných hmyzích řádů (% sušiny) (Chen et al., 2010).

Hmyz	Proteiny	AMK	Esenciální AMK
<i>Ephemeroptera</i>	66,26	65,97	23,81
<i>Odonata</i>	58,83	46,03	16,12
<i>Isoptera</i>	-	44,03	16,74
<i>Orthoptera</i>	44,10	38,87	13,95
<i>Homoptera</i>	51,13	42,45	16,34
<i>Hemiptera</i>	55,14	48,72	18,65
<i>Coleoptera</i>	50,41	39,74	17,13
<i>Magaloptera</i>	56,56	53,31	19,51
<i>Lepidoptera</i>	44,91	32,88	13,92
<i>Hymenoptera</i>	47,81	45,18	16,23

3.3.3 Tuky

Obsah tuku u jedlého hmyzu se pohybuje mezi 10 až 50 %, například housenky *Witjuti* (obrázek č. 2) mají v těle téměř 40 % tuku (složením podobný olivovému oleji). Množství tuku závisí na mnoha faktorech: druhu (tabulka č. 5), reprodukční etapě, ročním období, věku (stádiu života), pohlaví, stanovišti a potravě (Raksakantong et al., 2010). Vyšších hodnot dosahuje v larválním období než v dospělosti, a také samičky zpravidla obsahují více tuku než samci (Finke, 2004). Podobně Bukkens (1997) tvrdí, že obsah tuku i složení mastných kyselin se liší u různých druhů jedlého hmyzu, protože existuje mnoho faktorů, které ho ovlivňují. Do značné míry má na složení mastných kyselin vliv hostitelská rostlina hmyzu (Bukkens, 1997).

Lipidy jsou životně důležité sloučeniny, které přispívají ke správnému fungování buněk a transportu nutričně důležitých vitaminů rozpustných v tucích. Jedlý hmyz obsahuje kvalitní mastné kyseliny s dlouhým řetězcem, zejména omega-3 mastné kyseliny, jako jsou alfa-linolenová a eikosapentaenová kyseliny. Příčina, proč hmyz obsahuje PUFA s dlouhým řetězcem a různé složení mastných kyselin, je spojena s rozmanitým stravováním

a enzymatickou aktivitou hmyzu (Yang et al., 2006). Jedna z nejdůležitějších PUFA je DHA, která je považována za důležitou pro mozek a vývoj očí, a navíc pozitivně ovlivňuje kardiovaskulární systém. U populace konzumující 0,5 až 0,7 g/den DHA je patrný nižší výskyt srdečních chorob (Özogul et al., 2007).



Obrázek č. 2: Housenka Witjuti

(zdroj: <http://woodfordscience.global2.vic.edu.au/2014/02/06/witchety-grub-witjuti/>)

Tabulka č. 5: Obsah tuku u vybraných hmyzích řádů (% sušiny) (Chen et al., 2010).

Hmyz	Tuk
<i>Odonata</i>	25,38
<i>Orthoptera</i>	2,20
<i>Homoptera</i>	27,73
<i>Hemiptera</i>	30,43
<i>Coleoptera</i>	27,57
<i>Lepidoptera</i>	24,76
<i>Hymenoptera</i>	21,42

Profil mastných kyselin je u jedlého hmyzu velmi podobný. U některého byly navíc zjištěny stopy lichých mastných kyselin: pentadekanová (C15:0), heptadekanová (C17:0), pentadecenová (C15:1), heptadecenová (C17:1) a nonadekatrienová (19:3). Vědci také zjistili malé množství sudých nasycených mastných kyseliny (SFA): kaprinová (C10:0), laurová (C12:0), arachidonová (C20:0) a behenová (C22:0), z MUFA kyselin: vakcenová (C18:1n11), ikosenová (C20:1n9) a eruková (C22:1n9), a rovněž PUFA kyseliny: hexadekadienová (C16:2n6), eikosadienová (C20:2n6), dokosapentaenová (C22:5n3) a dokosahexaenová (C22:6n3, DHA).

Průměrné množství SFA jedlého hmyzu se pohybuje v rozmezí od 30,83 % pro blanokřídlý hmyz (mravenci, včely, vosy a) až po 41,97 % pro *Isoptera* (termity). Dvě hlavní složky SFA jsou palmitová kyselina (C16:0) a stearová kyselina (C18:0) (Bukkens, 1997). Průměrný podíl MUFA činí 22,00 % pro *Isoptera* až 48,60 % pro blanokřídle a průměrný podíl polynenasycených kyselin činí 15,95 % u dvoukřídých až po 39,76 % pro *Lepidoptera* (motýli). Bylo zjištěno, že zejména *Orthoptera* a motýli mají relativně vysoký obsah PUFA (Raksakantong et al., 2010).

Mezi hlavní MUFA u jedlého hmyzu patří palmitolejová kyselina (C16:1n7) a olejová kyselina (C18:1n9). Kromě toho PUFA linolovou (C18:2n6), linolenovou (C18:3n3), γ -linolenovou (C18:3n6), arachidonovou (C20:4n6) a eikosapentaenovou kyselinu (C20:5n3, EPA), lze nalézt ve spektru mastných kyselin jedlého hmyzu (Raksakantong et al., 2010).

Mastné kyseliny hmyzu jsou obecně srovnatelné s mastnými kyselinami drůbeže a ryb v jejich stupni nenasycenosti, ale obsahují více PUFA (DeFoliart, 1989). Naproti tomu hovězí a vepřové maso obsahuje velmi málo PUFA a největší část mastných kyselin tvoří MUFA. Podobná spektra mastných kyselin byla získána u některých druhů mravenců (*Hymenoptera*), kteří měli obsah MUFA až 73,10 % a PUFA 3,10 % (Sihamala et al., 2010).

Strava má u hmyzu významný vliv nejen na složení mastných kyselin, ale i na obsah cholesterolu. U cvrčka domácího (*Acheta domestica*) žijícího v Thajsku dosahoval obsah cholesterolu 105 mg/100 g čerstvé hmotnosti a u kobylinky Bombay 66 mg/100 g čerstvé hmotnosti. Naproti tomu čerstvá a syrová vejce obsahují 372 mg cholesterolu na 100 g, což je více než třikrát tolik cholesterolu. Je tedy možné použít hmyz jako nutričně hodnotnou složku potravy pro lidskou výživu, ale s nízkým obsahem cholesterolu (Rumpold et al., 2013).

3.3.4 Vitaminy

Studie zabývající se obsahem vitaminů u jedlého hmyzu ukazují, že obsahuje zejména karoten a vitaminy B₁, B₂, B₆, D, E, K a C (tabulka č. 6) (DeFoliart, 1989).

Pokud se jedná o vitamin A (retinol), údaje se liší nejen v závislosti na druhu, ale také na původu analyzovaného hmyzu, použitých metodách a způsobu přípravy. Vysoce účinná kapalinová chromatografie (HPLC) neodhalila žádné stopy retinolu v larválních stádiích včely medonosné (*Apis mellifica*) na rozdíl od předchozích analýz provedených pomocí Carr-Price kolorimetrické reakce. Včelí plod tedy není zdrojem retinolu pro dietní nebo kosmetické účely (Barker et al., 1998).

Divoce žijící hmyz může obsahovat různé karotenoidy (astaxanthin, alfa-karoten, beta-karoten, lutein, lykopen, teaxanthin a další) hromadící se z jejich potravy. Obratlovci

mohou převést některé z těchto karotenoidů na retinol, takže hmyz obsahující vysoké hladiny karotenoidů, může být významným zdrojem vitamínu A pro hmyzožravé obratlovce (Finke, 2004). Hmyz se zdá být dobrým zdrojem většiny vitamínů B, nicméně hladina thiaminu dosahuje nízké hodnoty, což je pravděpodobně důsledkem tepelného zpracování hmyzu (Finke, 2004).

Hmyz z řádu *Orthoptera* (kobyly, cvrčky, kobyly) a *Coleoptera* (brouci) je také bohatým zdrojem listové kyseliny. Dále bylo zjištěno, že čaj z trusu hmyzu obsahoval až 15,04 mg vitamínu C na 100 g. Vzhledem k tomu, že FAO doporučuje denní příjem 45 mg vitamínu C pro dospělé, denní spotřeba 300 ml čaje z tohoto hmyzu pokryje doporučenou denní dávku vitamínu C ve výživě dospělých (Rumpold et al., 2013).

Tabulka č. 6: Obsah vitamínů u hmyzu konzumovaného v JZ Nigérii (Banjo et al., 2006).

Hmyz	Vitamin A ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Vitamin B ₂ ($\text{mg}/100\text{ g}$)	Vitamin C ($\text{mg}/100\text{ g}$)
<i>Macrotermes bellicosus</i>	2,89	1,98	3,41
<i>Macrotermes notalensis</i>	2,56	1,54	3,01
<i>Brachytrypes spp</i>	0	0,03	0
<i>Cytacanthacris aeruginosus</i> <i>unicolor</i>	1,00	0,08	1,00
<i>Zonocerus variegatus</i>	6,82	0,07	8,64
<i>Analeptes trifasciata</i>	12,54	2,62	5,41
<i>Anaphe infracta</i>	2,95	2,00	4,52
<i>Anaphe reticulata</i>	3,40	1,95	2,24
<i>Anaphe spp</i>	2,78	0,09	3,20
<i>Anaphe venata</i>	3,12	1,25	2,22
<i>Cirina forda</i>	2,99	2,21	1,95
<i>Apis mellifera</i>	12,44	3,24	10,25
<i>Oryctes boas</i>	8,58	0,08	7,59
<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	11,25	2,21	4,25

3.3.5 Minerální látky

Analýza minerálních látek ukázala, že jedlý hmyz představuje bohatý zdroj výživných látek, jako jsou draslík a sodík (např. nymfy cvrčka), vápník (např. dospělý cvrček), měď, železo, zinek, mangan a fosfor (tabulka č. 7). V obsahu a složení minerálních látek se do značné míry odráží zdroje a pestrost potravy hmyzu (Oliveira et al., 1976; van Huis et al., 2003; Finke, 2004).

Například obsah vápníku moučných červů, cvrčků domácích a bource morušového může být záměrně 5 až 20násobně navýšen při zkrmování stravou s vysokým podílem vápníku (Finke, 2004). Jedlý hmyz obecně obsahuje vysoké množství fosforu, což má za následek poměr vápníku : fosforu menší než jedna. Většina zvířat dokáže využít fosfor z živočišných zdrojů prakticky na 100 %, zatímco z rostlinných zdrojů získá přibližně 30 % (Finke, 2004). Také Bukkens (1997) potvrzuje významný obsah vápníku, jelikož zjištěné hodnoty u jedlého hmyzu jsou vyšší než u běžného masa, ale nižší než u plnotučného mléka (920 mg/100 g hmotnosti sušiny).

Jedlý hmyz se jeví i jako vhodný zdroj železa. Pro srovnání, hovězí maso obsahuje asi 6 mg železa na 100 g hmotnosti sušiny (2,1 mg/100 g čerstvé hmotnosti), přičemž obsah železa u většiny hmyzu se nachází nad touto hodnotou (Bukkens, 1997).

Tabulka č. 7: Obsah minerálních látek u hmyzu konzumovaného v JZ Nigérii (Banjo et al., 2006).

Hmyz	Ca (mg/100 g)	P (mg/100 g)	Fe (mg/100 g)	Mg (mg/100 g)
<i>Macrotermes bellicosus</i>	21	136	27	0,15
<i>Macrotermes notalensis</i>	18	114	29	0,26
<i>Brachytrypes spp</i>	9,21	126,9	0,68	0,13
<i>Cytacanthacris aeru ginosus unicolor</i>	4,40	100,2	0,35	0,09
<i>Zonocerus variegatus</i>	42,16	131,2	1,96	8,21
<i>Analeptes trifasciata</i>	61,28	136,4	18,2	6,14
<i>Anaphe infracta</i>	8,56	111,3	1,78	1,01
<i>Anaphe reticulata</i>	10,52	102,4	2,24	2,56

Tabulka č. 7: Pokračování

Hmyz	Ca (mg/100 g)	P (mg/100 g)	Fe (mg/100 g)	Mg (mg/100 g)
<i>Anaphe spp</i>	7,58	122,2	1,56	0,96
<i>Anaphe venata</i>	8,57	100,5	2,01	1,56
<i>Cirina forda</i>	8,24	111,0	1,79	1,87
<i>Apis mellifera</i>	15,4	125,5	25,2	5,23
<i>Oryctes boas</i>	45,68	130,2	2,31	6,62
<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	39,58	126,4	12,24	7,54

4 Materiál a metodika

Pro analýzu byly použity vzorky jedlého hmyzu zakoupené v České republice. Na jejich zpracování byla použita metodika pro analýzu materiálů živočišného původu.

4.1 Materiál

Byly analyzovány vzorky larev tří druhů jedlého hmyzu: potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) a potemníka brazilského (*Zophobas morio*). Vzorky byly zakoupeny v prodejně s chovatelskými potřebami Carassius, Praha 6 a ve firmě Radka Frýželky, Brno. Prostředí, ve kterém byl hmyz chován, bylo optimální pro vývoj jednotlivých druhů. Jako potrava jim byla podávána nakrájená zelenina a různé druhy ovoce. Larvy potemníka moučného, stájového a brazilského byly vyjmuty z chovu v předposledním a poslední části vývoje, kdy jejich těla byla před zakuklením. Dále proběhlo 48 hodinové vyláčení larev a usmrcení pomocí vroucí vody 100 °C. Vzorky se poté sušily při teplotě 105 °C a homogenizovaly elektrickým mlýnkem. Uskladnění takto připraveného materiálu bylo v chladicím boxu, kde se teplota pohybovala v rozmezí 4 až 7 °C.

4.2 Stanovení sušiny

Stanovení sušiny bylo provedeno dle normy ISO 1442:1997 na infračervených vahách Precisa HA 300, Precisa Gravimetrics, Dietikon, Schweiz. Při tomto stanovení byl vzorek zahříván při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti, která se zaznamenala. Pro účel této diplomové práce bylo naváženo množství přibližně 1 g zhomogenizovaného vzorku, které se rovnoměrně rozmístilo na aluminiovou folii a analyzovalo.

4.3 Stanovení obsahu tuku

Pro stanovení obsahu tuku ve vzorku byla použita metoda dle Soxhleta (Soxhlet, 1879) (obrázek č. 3) jedná se o extrakční metodu. Byly použity varné baňky se zábrusem, do kterých byly vloženy varné kamínky. Baňky s kamínky byly zváženy a do každé z nich bylo nepipetováno 75 ml petroletheru (Lach-Ner, Česká republika). Do extrakční patrony bylo naváženo přibližně 5 g zhomogenizovaného vzorku. Takto připravená patrona, byla vložena do aparatury, kde poté probíhala extrakce rozpouštědlem. Po dokončení extrakce byla použita vakuová odparka, která měla rotaci 120 ot./min a teplotu 40 °C, díky které došlo k odpaření zbylého rozpouštědla. Následně byly baňky umístěny do exikátoru a po vychladnutí zváženy

na analytických vahách. Obsah tuku byl vypočten z rozdílu hmotnosti baňky s tukem a baňky prázdné.



Obrázek č. 3: Apartura dle Soxhleta

(zdroj: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=52968)

4.4 Stanovení profilu mastných kyselin

Na plynovém chromatografu s hmotnostní detekcí (GC MS) Agilent 7890A (Agilent Technologies, USA) byl stanoven profil mastných kyselin. Dle normy ISO 12966-4:2015 a navážce 0,5 g tuku byla provedena reesterifikace 0,25M methanolicím KOH (Lach-Ner, Česká republika). Detektor měl teplotu 250 °C a nástřik 225 °C se split poměrem 1 : 50. Zvolený teplotní program začínal na teplotě 70 °C s výdrží 2 minuty. Dále se teplota navyšovala každou minutu o 5 °C až dosáhla 225 °C s výdrží po dobu 9 minut. Nakonec se teplota ještě zvyšovala o 5 °C za minutu až na 240 °C s výdrží 15 minut. Celková doba analýzy trvala 60 minut a jako nosný plyn bylo použito helium s průtokem 1,2 ml/min. V plynové chromatografii byla použita kolona Restek Rt®-2560 (Restek Corporation, USA) o rozměrech 100 m x 0,25 mm x 0,2 μm. Získané spektrum mastných kyselin (příloha č. 1) bylo vyjádřeno metodou vnitřní normalizace a identifikováno pomocí standardu FAME Mix (37 components). K detekci byla použita knihovna spekter National Institute of Standards and Technology Library (NIST, USA).

4.5 Stanovení obsahu sterolů

Použitá metoda pro stanovení sterolů byla AOCS Official Method Ch 6-91, American Oil Chemists' Society, USA, 1997. V 50 ml ethanolového KOH (2 mol/l) (Lach-Ner, Česká republika) bylo vařeno 0,5 g tuku po dobu 60 minut. Diethyletherem (Lach-Ner, Česká republika) byla extrahována nezmýdelněná frakce a rozpouštědlo se odstraňovalo pomocí vakuové rotační odparky (Heidolph Instruments, Německo). Vysušené vzorky se musely silylovat bis(trimethylsilyl)-trifluor-acetomidem (BSTFA) (Merck, Česká republika) a pyridinem (Lach-Ner, Česká republika). Pro stanovení sterolů byl opět použit plynový chromatograf Agilent 7820A s hmotnostní detekcí Agilent 5975 Series, MSD Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA. Nosným plynem bylo vysoce čisté helium s průtokem 2 ml/min a kolona Supelco SACTM5 měla rozměry 22 m x 0,25 mm x 0,25 μm. Nástřik do kolony proběhl při teplotě 280 °C, objemu 1 μl a poměru splítu 1 : 20. Počáteční teplota u programu byla nastavena na 245 °C s výdrží 1 minuta. Pak teplota vzrůstala každou minutu o 10 °C až do 290 °C s výdrží po dobu 33 minut, nakonec se teplota zvyšovala po 5 °C za minutu na teplotu 310 °C s výdrží 15 minut. Vnitřní standard 5α-cholestan byl použit pro kvantifikaci β-sitosterolu, cholesterolu, kampesterolu a stigmasterolu. K detekci byla použita knihovna spekter National Institute of Standards and Technology Library (NIST, USA). Stanovení sterolů provedla Ing. Monika Sabolová na VŠCHT.

4.6 Stanovení indexů

Pro jednotlivé druhy potemníků byly vypočteny indexy cholesterol/nasycené tuky (CSI), aterogenity (AI) a trombogenity (TI) podle následujících vzorců:

$$CSI = 1,01 \times \sum SFA \text{ (g/100 g)} + 50 \times \text{cholesterol (g/100 g)}$$

$$AI = (C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / (\sum MUFA + \sum n-6 + \sum n-3)$$

$$TI = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / (0,5 \times \sum MUFA + 0,5 \times \sum n-6 + 3 \times \sum n-3 + (n-3/n-6))$$

4.7 Statistická analýza

Pro analýzu dat byl využíván software Excel 2016 od společnosti Microsoft Corporation, USA. Výsledky byly zprůměrovány a vypočteny směrodatné odchylky.

5 Výsledky

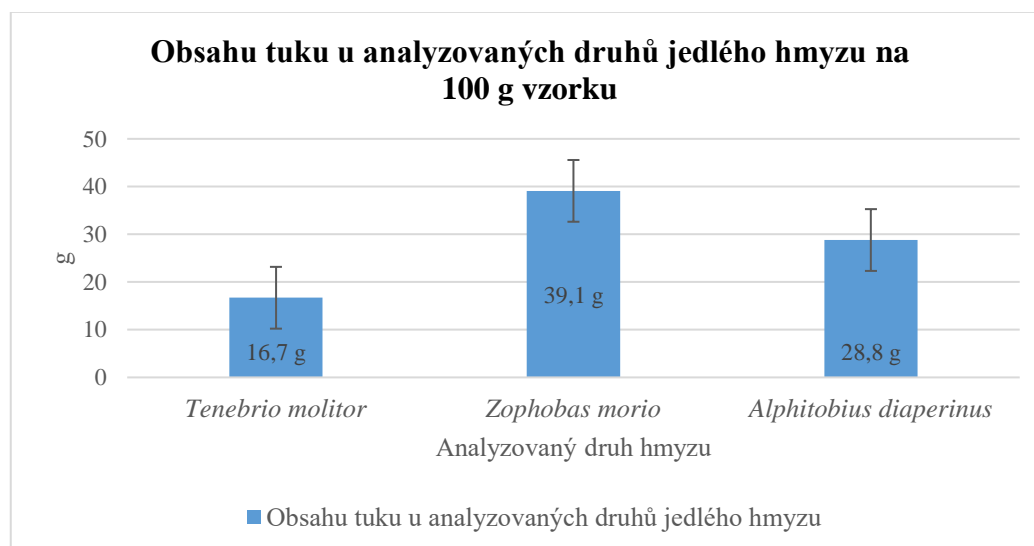
U vybraných druhů jedlého hmyzu byl obsah sušiny a tuku rozdílný (tabulka č. 8). Potemník brazilský (*Zophobas morio*) měl 47,9 g sušiny na 100 g vzorku usušeného v peci a potemník moučný (*Tenebrio molitor*) obsahoval na 100 g vzorku pouze 32,6 g sušiny. Rozdíl v hodnotách obsahu sušiny u těchto dvou druhů potemníků byl tedy více než 15 %. U vzorků potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) nebylo možné stanovit obsah sušiny, jelikož nebylo dostatečné množství vzorku.

Tabulka č. 8: Obsah sušiny a tuku u analyzovaných druhů jedlého hmyzu.

Druh	Sušina g/100 g	Tuk g/100 g vzorku
<i>Tenebrio molitor</i>	32,6 ± 0,7	16,7 ± 0,1
<i>Zophobas morio</i>	47,9 ± 0,6	39,1 ± 0,4
<i>Alphitobius diaperinus</i>	-	28,8 ± 0,3

I hodnoty obsahu tuku u analyzovaných druhů jedlého hmyzu se od sebe lišily (graf č. 1). Nejvíce tuku na 100 g vzorku obsahoval potemník brazilský (*Zophobas morio*), a to 39,1 g, dále pak potemník stájový (*Alphitobius diaperinus*) 28,8 g a nejnižší hodnota byla naměřena u potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) 16,7 g. Množství tuku bylo tedy u potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) o více než polovinu nižší než u potemníka brazilského (*Zophobas morio*).

Graf č. 1: Obsahu tuku u analyzovaných druhů jedlého hmyzu na 100 g vzorku.



Zastoupení mastných kyselin u analyzovaných druhů jedlého hmyzu bylo v tomto případě shodné, avšak jejich procentuální poměr se mezi druhy lišil (tabulka č. 9).

Tabulka č. 9: Profil mastných kyselin u analyzovaných druhů jedlého hmyzu (vyjádřený v % všech mastných kyselin).

Mastná kyselina	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Zophobas morio</i>	<i>Alphitobius diaperinus</i>
C 8:0	< 0,1	1,8	< 0,1
C 10:0	< 0,1	0,4	< 0,1
C 12:0	0,2	0,1	0,1
C 13:0	0,1	< 0,1	< 0,1
C 14:0	3,5	1,7	1,4
C 15:0	0,2	0,4	0,3
C 16:0	18,4	30,2	26,4
C 17:0	0,3	0,7	0,7
C 18:0	6,6	8,8	10,9
C 19:0	0,1	0,1	0,2
C 20:0	0,3	0,2	0,6
C 22:0	0,1	0,1	0,1
C 14:1 (cis-11)	0,1	< 0,1	< 0,1
C 16:1 (trans-11)	0,1	< 0,1	< 0,1
C 16:1 (cis-9)	1,4	0,7	1,1
C 17:1 (cis-9)	0,1	0,2	0,2
C 18:1 (trans-9)	< 0,1	< 0,1	0,2
C 18:1 (cis-9)	36,5	31,1	35,9
C 16:2 (trans-7,10)	0,3	1,1	0,3
C 18:2 (trans-9,12)	< 0,1	< 0,1	0,2
C 18:2 (cis-9,12)	30,5	21,2	20,2
C 20:2 (cis-11,14)	< 0,1	< 0,1	0,2
C 18:3 (cis-9,12,15)	1,1	0,6	0,4
C 20:4 (cis-5,8,11,14)	< 0,1	< 0,1	0,4
Suma SFA	30,0	44,6	41,0
Suma MUFA	38,3	32,3	37,6
Suma PUFA	32,2	23,2	21,7

Tabulka č. 9: Pokračování

Mastná kyselina	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Zophobas morio</i>	<i>Alphitobius diaperinus</i>
Suma n-3	1,1	0,6	0,4
Suma n-6	30,7	21,4	20,8
n-3/n-6	1 : 33,7	1 : 12,8	1 : 8,3

Z nasycených mastných kyselin byla u všech druhů nejvíce zastoupená palmitová kyselina C16:0, v případě potměníka brazilského (*Zophobas morio*) až 30,2 %, potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) 26,4 % a potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) 18,4 %. Druhou nejvíce se vyskytující mastnou kyselinou byla stearová kyselina C18:0, které bylo nejvíce ve vzorku potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) 10,9 %, poté u potměníka brazilského (*Zophobas morio*) 8,8 % a nejméně u potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) 6,6 %. Poslední nasycenou mastnou kyselinou, jejíž zastoupení bylo z procentuálního hlediska významné, byla myristová kyselina C14:0. Vzorek potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) obsahoval 3,5 % této kyseliny, což bylo nejvíce v porovnání s ostatními vzorky, kde byl obsah menší než 2 %. Ostatní identifikované nasycené mastné kyseliny se v analyzovaných vzorcích jedlého hmyzu vyskytovaly ve velmi malém množství, tedy méně než 1 %.

Jako další byli u vzorků vybraných druhů jedlého hmyzu zjištěni zástupci mononenových mastných kyselin (MUFA). Procentuálně nejvyšších hodnot dosahovala olejová kyselina C18:1 cis-9, potměník moučný (*Tenebrio molitor*) 36,5 %, potměník stájový (*Alphitobius diaperinus*) 35,9 % a potměník brazilský (*Zophobas morio*) 31,1 %. Palmitoolejová kyselina C16:1 cis-9 byla druhou nejvýznamnější monoenoovou mastnou kyselinou a její obsah se ve vzorcích pohyboval okolo 1 %. V tabulce č. 9 je vidět, že ostatní monoenoové mastné kyseliny byly v zanedbatelném množství, tedy okolo 0,1 %.

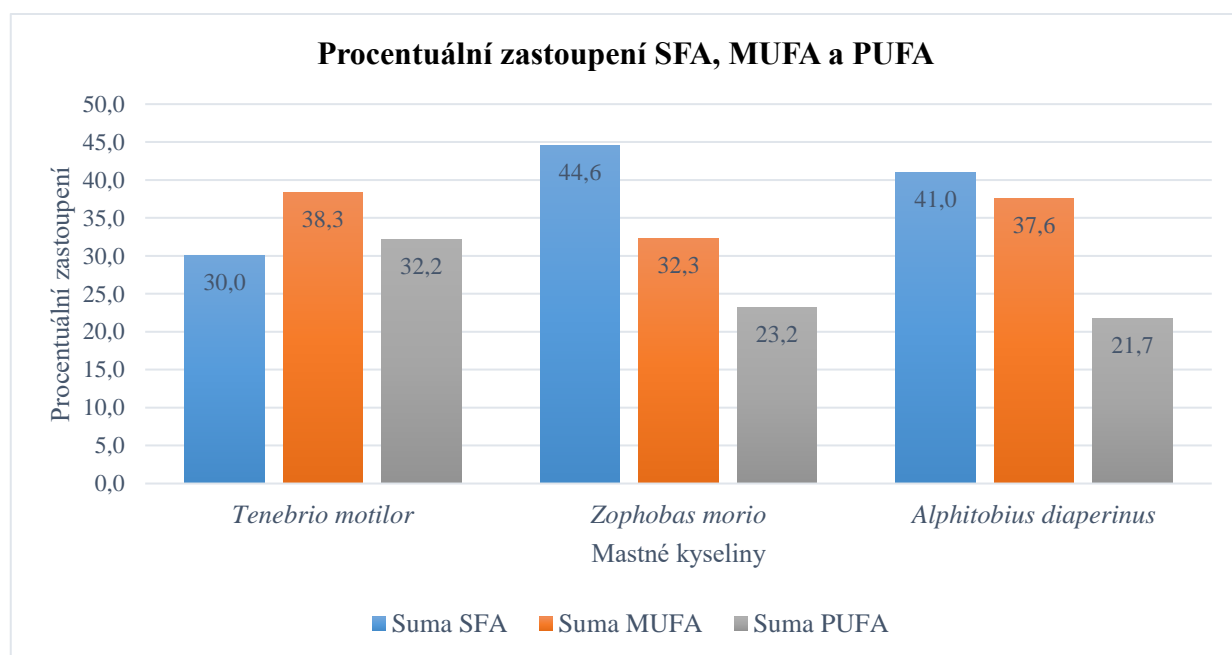
Vzorky analyzovaných druhů jedlého hmyzu rovněž obsahovaly polyenenové mastné kyseliny (PUFA). Nejvýznamnějším zástupcem byla linolová kyselina C18:2 cis-9,12, potměník moučný (*Tenebrio molitor*) 30,5 %, potměník brazilský (*Zophobas morio*) 21,2 %, potměník stájový (*Alphitobius diaperinus*) 20,2 %. U ostatních polyenenových kyselin se procentuální zastoupení pohybovalo v rozmezí od 1,1 % až do 0,1 %. Lze říci, že se v porovnání s linolovou kyselinou jednalo o malé množství.

Hodnoty n-3 a n-6 mastných kyselin a zároveň jejich poměr se u jednotlivých druhů potměníku od sebe lišily. Procentuálně nejvyšší množství těchto kyselin bylo zjištěno u potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), n-3 1,1 % a n-6 30,7 %, a tomu odpovídá poměr mastných kyselin n-3/n-6 byl 1 : 33,7. U potměníka brazilského (*Zophobas morio*) byly

stanoveny hodnoty obou mastných kyselin nižší, n-3 0,6 %, n-6 21,4 % a poměr 1 : 12,8. Nejnižší procento zastoupení n-3 a n-6 mastných kyselin bylo vyhodnoceno u vzorku potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*), n-3 0,4 %, n-6 20,8 % a poměr 1 : 8,3.

Na grafu č. 2 je znázorněno procentuální zastoupení SFA, MUFA a PUFA u jednotlivých druhů jedlého hmyzu. Vzorky potměníka brazilského (*Zophobas morio*) a potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) měly ve shodném pořadí zastoupeny SFA, MUFA a PUFA. V obou případech bylo nejvíce SFA (více jak 40 %), poté MUFA (více než 30 %) a nejméně PUFA (nad 20 %). Jinak tomu bylo u potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), který měl procentuálně nejvíce zastoupené MUFA (38,3 %), dále PUFA (32,2 %) a o něco méně SFA (30,0 %).

Graf č. 2: Procentuální zastoupení SFA, MUFA a PUFA u analyzovaných druhů jedlého hmyzu.



Tabulka č. 10: Obsah sterolů u analyzovaných druhů jedlého hmyzu (v jednotkách mg/kg ± SD).

Druh	β -sitosterol	cholesterol	kampesterol	stigmasterol
<i>Zophobas morio</i>	260,2 ± 12,3	1594,9 ± 164,1	169,2 ± 8,45	nedetekováno
<i>Tenebrio molitor</i>	244,7 ± 12,0	669,4 ± 34,7	350,5 ± 56,0	71,9 ± 2,5

Obsah sterolů (tabulka č. 10) u analyzovaných druhů potměnků, konkrétně u potměníka brazilského (*Zophobas morio*) a potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), byl rozdílný. Nejmarkantnější rozdíl byl zaznamenán u obsahu cholesterolu, potměník brazilský (*Zophobas morio*) ho obsahoval 1594,9 mg/kg a potměník moučný (*Tenebrio molitor*) pouze 669,4 mg/kg. Naopak množství kampesterolu bylo vyšší u potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), 350,5 mg/kg, oproti potměníku brazilskému (*Zophobas morio*), 169,2 mg/kg. Mezidruhový rozdíl nebyl patrný u β -sitosterolu jehož hodnoty se v obou případech pohybovaly okolo 250 mg/kg. Stigmasterol nebyl v případě potměníka brazilského (*Zophobas morio*) detekován, ale u potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) bylo zjištěno 71,9 mg/kg.

Tabulka č. 11: Indexy.

Druh	CSI	AI	TI
<i>Zophobas morio</i>	57,03	1,06	1,42
<i>Tenebrio molitor</i>	36,35	0,47	0,75
<i>Alphitobius diaperinus</i>	-	0,55	1,27

Pozn.: CSI – index cholesterol/nasycené tuky, AI – index aterogenity, TI – index trombogenity

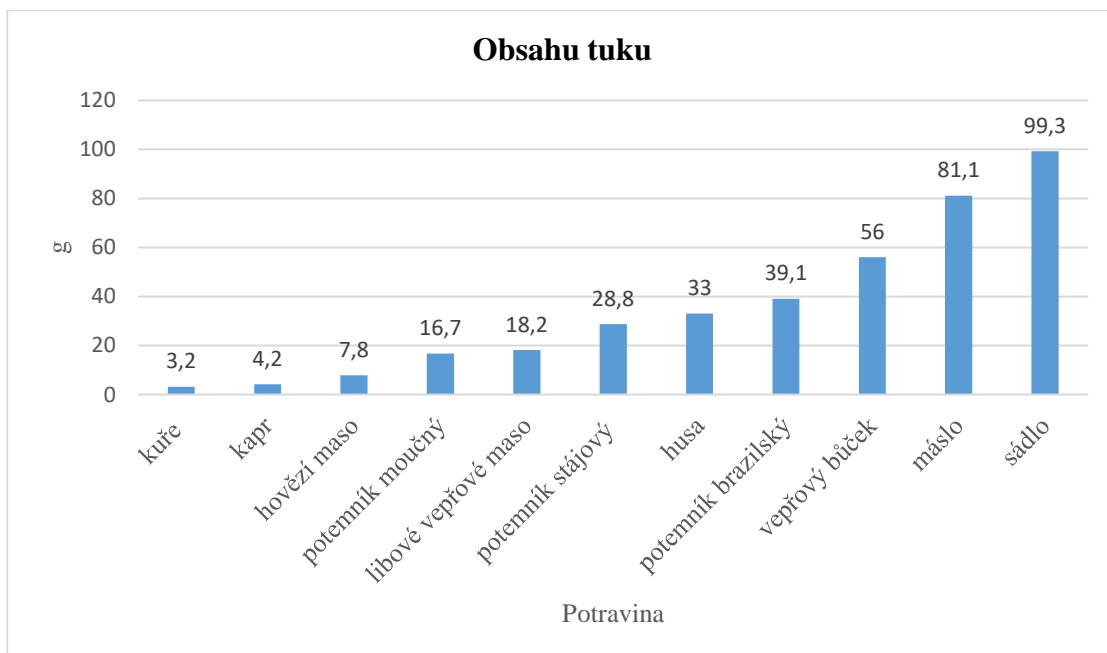
Indexy (tabulka č. 11) cholesterol/nasycené tuky, aterogenity a trombogenity byly stejně jako obsah sterolů vyhodnocovány u potměníka brazilského (*Zophobas morio*) a potměníka moučného (*Tenebrio molitor*). U potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) byl vypočten pouze index aterogenity a trombogenity. V případě potměníka brazilského (*Zophobas morio*) byly všechny indexy vyšší než v případě potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) a potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*).

6 Diskuze

Bednářová (2013) uvádí, že obsah sušiny je důležitým faktorem pro výrobu a distribuci potravin. Analyzované vzorky jedlého hmyzu potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) a potemníka brazilského (*Zophobas morio*) obsahovaly hodnoty v rozmezí od 30 až do 50 % sušiny, což se shoduje s výsledky uvedenými v dostupné literatuře (Bednářová et al., 2013; Finke, 2004), kde je uveden obsah sušiny od 15 do 50 %.

Obsah tuku u jedlého hmyzu závisí na druhu (graf č. 3), vývojovém stadiu, věku a v mnoha případech také na pohlaví jedince, kdy samice obsahují více tuku než samec. V současné době odborná literatura uvádí množství tuku v rozsahu od 2 % do 56 % (Bednářová et al., 2013; Yang et al., 2006; Finke, 2004). Obsah tuku u zkoumaných druhů potemníků se pohyboval od 16 % do 40 %. U potemníka brazilského (*Zophobas morio*) byla naměřena hodnota 39,1 g/100 g vzorku, tato hodnota je srovnatelná s výsledky Bednářové (2013) a Rumpolda (2013). U potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) se zjištěná hodnota, 16,7 g/100 g vzorku, více shoduje s výsledky Finkeho (2002), než s výsledky Bednářové (2013).

Graf č. 3: Porovnání obsahu tuku u analyzovaných druhů jedlého hmyzu a konvenčních potravin živočišného původu na 100 g vzorku.



Zastoupení mastných kyselin je z nutričního hlediska velmi důležité, jelikož řadu z nich si člověk nedokáže sám nasyntetizovat (jsou pro lidský organismus esenciální) a je nutno je přijímat v potravě (Yang et al., 2006). V práci detekované mastné kyseliny u analyzovaných

druhů jedlého hmyzu jsou stejné, liší se však v procentuálním zastoupení. Ve všech případech je nejvíce zastoupena z nenasycených mastných kyselin palmitová kyselina, z monoenoových mastných kyselin olejová kyselina a z polyenoových mastných kyselin linolová kyselina.

Při porovnání profilu mastných kyselin u potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) s odbornou literaturou bylo zjištěno, že pořadí zastoupení prvních tří mastných kyselin není vždy shodné. Finke (2002) a Zielińska (2015) uvádí stejné pořadí mastných kyselin jako tato diplomová práce, a tedy na prvním místě olejovou kyselinu, poté linolovou kyselinu a jako poslední palmitovou kyselinu. U Bednářové (2013) je pořadí první dvou mastných kyselin prohozené. V procentuální zastoupení SFA, MUFA a PUFA je velmi malý rozdíl v porovnání se studií Zieliňské (2015), u SFA a MUFA je to přibližně 5 % a u PUFA méně než 1 %.

U druhu potemníka brazilského (*Zophobas morio*) bylo naměřeno nejvíce olejové kyseliny, palmitové kyseliny a linolové kyseliny. Na rozdíl od předchozího druhu potemníka se literární zdroje (Bednářová et al., 2013; Finke, 2002) na tomto pořadí shodují. Při porovnání SFA, MUFA a PUFA má tento druh nejvíce SFA, 44,6 %, poté MUFA, 32,3 % a nejméně PUFA, 23,2 %.

Výsledky u potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) jsou podobné jako u potemníka brazilského (*Zophobas morio*). Pořadí mastných kyselin je tedy u toho druhu následující: olejová kyselina, palmitová kyselina a linolová kyselina. V odborné literatuře se v porovnání s přechozími druhy profilem mastných kyselin u tohoto druhu potemníka příliš nezabývají.

Při srovnání profilu mastných kyselin u jedlého hmyzu a rostlinných či živočišných zdrojů (tabulka č. 12 a č. 13) jsou patrné rozdíly v jednotlivých mastných kyselinách, a to především v jejich procentuálním zastoupení. V případě hovězího, kuřecího a vepřového masa se zastoupení prvních tří mastných kyselin shoduje s jedlým hmyzem, ale pořadí těchto kyselin je u jednotlivých druhů masa odlišné. U sádla a drůbežího tuku jsou mastné kyseliny a jejich pořadí totožné s analyzovanými vzorky potemníků. Rozdíly jsou zřetelné v množství SFA, MUFA a PUFA, kdy u kuřecího i vepřového masa se nejvíce vyskytovalo MUFA a nejméně PUFA (Bragagnolo et al., 2002; De Marchi et al., 2012). Z nutričního hlediska je velmi důležitý poměr SFA : MUFA : PUFA. V odborné literatuře se jako ideální uvádí poměr 1 : 1,3 : 1 (Hayes, 2002). V případě jednotlivých druhů potemníků tento poměr splňoval pouze potemník moučný (*Tenebrio molitor*), naopak nejvíce rozdílné hodnoty měl potemník brazilský (*Zophobas morio*).

Tabulka č. 12: Přehled mastných kyselin obsažených v různých živočišných produktech (g/100 g tuku) (Svačina, 2008).

Mastná kyselina	Hovězí (sval)	Kuře (sval)	Vepřové (sval)	Treska (maso)	Sádlo	Hovězí lůj	Drůbeží tuk
C 14:0	-	-	-	-	1	3	1
C 16:0	16	23	19	22	29	26	27
C 16:1	2	6	2	2	3	9	9
C 18:0	11	12	12	4	15	8	7
C 18:1	20	33	19	11	43	45	45
C 18:2	26	18	26	1	9	2	11
C 18:3	1	1	-	-	1	2	1
C 20:4	1	6	8	4	-	-	-

Tabulka č. 13: Přehled mastných kyselin obsažených v různých živočišných produktech (v %) (Svačina, 2008 – upraveno na %).

Mastná kyselina	Hovězí (sval)	Kuře (sval)	Vepřové (sval)	Treska (maso)	Sádlo	Hovězí lůj	Drůbeží tuk
C 14:0	-	-	-	-	1,0	3,2	1,0
C 16:0	20,8	23,2	22,1	50,0	28,7	27,4	26,7
C 16:1	2,6	6,1	2,3	4,5	3,0	9,5	8,9
C 18:0	14,3	12,1	14,0	9,1	14,9	8,4	6,9
C 18:1	26,0	33,3	22,1	25,0	42,6	47,4	44,6
C 18:2	33,8	18,2	30,2	2,3	8,9	2,1	10,9
C 18:3	1,3	1,0	-	-	1,0	2,1	1,0
C 20:4	1,3	6,1	9,3	9,1	-	-	-

Dalším velmi důležitým faktorem je vyrovnaný příjem n-3 a n-6 mastných kyselin. Autoři se shodují, že ideální poměr n-3/n-6 mastných kyselin by měl být 1 : 2–1 : 6, vzájemně vyšší poměr může mít negativní účinek na lidské zdraví (Mourek, 2011; Jiráček et al., 2007). Ve studii Simopoulos (2002) uvádí, že reálný poměr n-3/n-6 mastných kyselin v potravě západní civilizace je kolem 1 : 15–16,7. U všech druhů analyzovaných potměnků byl poměr zmíněných mastných kyselin také vyšší.

Tabulka č. 14: Přehled mastných kyselin obsažených v různých rostlinných produktech (g/100 g tuku) (Svačina, 2008).

Mastná kyselina	Kokos	Řepka	Oliva	Sója	Kukuřice	Palma (jádro)
C 4:0 až 12:0	63	-	-	-	-	53
C 14:0	16	-	-	-	1	18
C 16:0	9	4	12	10	14	9
C 16:1	-	-	3	-	-	-
C 18:0	2	1	2	4	2	3
C 18:1	7	54	72	25	30	15
C 18:2	2	23	11	52	50	2
C 18:3	-	10	1	7	2	-

Tabulka č. 15: Přehled mastných kyselin obsažených v různých rostlinných produktech (v %) (Svačina, 2008 – upraveno na %).

Mastná kyselina	Kokos	Řepka	Oliva	Sója	Kukuřice	Palma (jádro)
C 4:0 až 12:0	63,6	-	-	-	-	53
C 14:0	16,2	-	-	-	1,0	18
C 16:0	9,1	4,3	11,9	10,2	14,1	9
C 16:1	-	-	3,0	-	-	-
C 18:0	2,0	1,1	2,0	4,1	2,0	3
C 18:1	7,1	58,7	71,3	25,5	30,3	15
C 18:2	2,0	25,0	10,9	53,1	50,5	2
C 18:3	-	10,9	1,0	7,1	2,0	-

Zastoupení mastných kyselin v rostlinných zdrojích (tabulka č. 14 a č. 15) je mnohem menší než u jedlého hmyzu, nicméně většina z nich má jednu dominující kyselinu v porovnání s ostatními. Olivový a řepkový olej obsahuje více jak 50 % olejové kyseliny, u kukuřičného a sójového oleje tvoří 50 % linolová kyselina a pod 15 % palmitová kyselina ve všech uvedených rostlinných zdrojích (Lee et al., 1998; Butte, 1983).

Ve vybraných druzích jedlého hmyzu, potěmník brazilský (*Zophobas morio*) a potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), byl detekován obsah sterolů. U obou druhů potěmníků byl nejvíce

zastoupeným sterolem cholesterol, jehož hodnoty byly srovnatelné s hodnotami živočišných produktů. Například v kuřecím masu se množství cholesterolu pohybuje okolo 602 mg/kg a ve vejcích přibližně 2000 mg/kg (Skřivan et al., 2002; Velíšek, 2014). Ostatní steroly byly obsaženy ve výrazně nižším množství a stigmasterol nebyl v případě potměníka brazilského (*Zophobas morio*) detekován vůbec.

Při stanovování indexů trombogenity IT a aterogenity IA je nezbytné si uvědomit, že čím je index trombogenity IT vyšší, tím snáze po příjmu oleje nebo tuku vznikají sraženiny a čím je hodnota indexu aterogenity IA vyšší, tím spíše vyvolá aterosklerózu. U potměníka brazilského (*Zophobas morio*) dosahovaly indexy aterogenity a trombogenity vyšších hodnot než v případě potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), a proto je vhodnější konzumovat potměníka moučného (*Tenebrio molitor*). Pokud tyto vypočtené hodnoty porovnáme s hodnotami v tabulce č. 16, pak tuk ze skopového masa má IA i IT shodný s potměníkem brazilským (*Zophobas morio*) a tuk z kuřecího masa s potměníkem moučným (*Tenebrio molitor*).

Relativní indexy aterogenity IA a trombogenity IT pro různé zdroje tuků		
	IA	IT
kokosový olej	13,6	6,1
mléko a mléčné výrobky	2,0	2,0
palmový olej	0,8	1,7
tuk ze skopového masa	1,0	1,5
tuk z hovězího masa	0,7	1,3
tuk z vepřového masa	0,6	1,5
margaríny rostlinné	0,6	1,3
margaríny s polynenasycenými kyselinami	0,3	0,5
tuk z kuřecího masa	0,5	0,9
olivový olej	0,1	0,3
slunečnicový olej	0,07	0,25
tuk z makrely	0,25	0,16

Tabulka č. 16: Relativní indexy aterogenity a trombogenity pro různé zdroje tuků.

(zdroj: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Antisklerotick%C3%A1_dieta)

7 Závěr

Byla provedena analýza profilu mastných kyselin a sterolů u několika druhů jedlého hmyzu, konkrétně potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) a potemníka brazilského (*Zophobas morio*).

Hodnoty obsahu tuku závisely na druhu potemníka, jelikož potemník brazilský (*Zophobas morio*) ho obsahoval o více jak 20 % oproti potemníkovi moučnému (*Tenebrio molitor*).

Na základě provedené analýzy bylo dále zjištěno, že zastoupení mastných kyselin u analyzovaných druhů jedlého hmyzu bylo shodné, nicméně jejich procentuální poměr se lišil v závislosti na druhu. Nasycená palmitová kyselina se nejvíce vyskytovala u potemníka brazilského (*Zophobas morio*) a nejméně u potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*). Naopak u potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) bylo zjištěno největší množství monoenoových a polyenoových kyselin, v tomto případě olejové kyseliny a linolové kyseliny. Množství těchto kyselin mělo vliv jak na obsah SFA, MUFA a PUFA, tak i na poměr n-3/n-6 mastných kyselin. U potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) byl tento poměr nejmarkantnější na rozdíl od potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*). SFA se nejvíce vyskytovaly u potemníka brazilského (*Zophobas morio*), MUFA a PUFA u potemníka moučného (*Tenebrio molitor*).

Na rozdíl od profilu mastných kyselin není profil sterolů v odborné literatuře příliš prozkoumán. Obsah sterolů rovněž potvrdil mezidruhovou rozmanitost. Nejzásadnější rozdíly byly naměřeny u obsahu cholesterolu, kdy potemník brazilský (*Zophobas morio*) obsahoval více jak dvojnásobné množství cholesterolu než potemník moučný (*Tenebrio molitor*). Naproti tomu vyšší množství kampesterolu bylo prokázáno u potemníka moučného (*Tenebrio molitor*). U jednotlivých druhů nebyl zaznamenán rozdíl v množství β -sitosterolu. Stigmasterol byl detekován pouze u potemníka moučného (*Tenebrio molitor*).

Indexy cholesterolu, aterogenity a trombogenity také závisely na analyzovaném druhu potemníka. V případě potemníka brazilského (*Zophobas morio*) nabývaly všechny indexy vyšších hodnot než v případě potemníka moučného (*Tenebrio molitor*).

Zjištěné výsledky potvrdily hypotézu, že profily mastných kyselin a sterolů jedlého hmyzu se liší v závislosti na druhu.

Na základě nutričních hodnot se jeví jako nejvhodnější potemník moučný (*Tenebrio molitor*), u něhož dosahovaly procentuální zastoupení mastných kyselin, obsah sterolů a indexy nepřijatelnějších hodnot z výživového hlediska. Potemníka brazilský (*Zophobas morio*) je pro

lidskou výživu méně vhodný, protože obsahuje velké množství cholesterolu a hodnoty indexů se pohybovaly ve vysokých číslech.

Při porovnání sledovaných druhů jedlého hmyzu s jinými živočišnými zdroji se hmyz jeví jako vhodná alternativa, jelikož obsahuje podobný profil mastných kyselin a sterolů jako většina z nich. Nicméně v jedlém hmyzu je zastoupeno významné množství fytoosterolů, které mají pozitivní vliv na lidský organismus. U některých druhů hmyzu je však nutné dávat pozor na vysoký obsah cholesterolu. Jednou z dalších výhod je snadná dostupnost jedlého hmyzu i pro rozvojové země, kde by mohl hrát důležitou roli při výživě tamních obyvatel. V budoucnu by tedy bylo dobré sledovat jak doba a způsob skladování ovlivňuje nutriční jakost jedlého hmyzu.

8 Literatura

- Banjo, A., Lawal, O. & Songonuga, E., 2006. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 5(3), pp.298–301.
- Barker, D., Fitzpatrick, M.P. & Dierenfeld, E.S., 1998. Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*, 17(2), pp.123–134. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/%28SICI%291098-2361%281998%2917%3A2%3C123%3A%3AAID-ZOO7%3E3.0.CO%3B2-B> [Accessed January 31, 2017].
- Bednářová, M., Borkovcová, M., Mlček, J., Rop, O., Zeman, L., 2013. Edible insects – Species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *LXI*, 64(3). Available at: <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201361030587> [Accessed January 30, 2017].
- Bodenheimer, F.S., 1951. Insects as Human Food. In *Insects as Human Food*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 7–38. Available at: http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-6159-8_1 [Accessed April 1, 2017].
- Bragagnolo, N. & Rodriguez-Amaya, D., 2002. Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and backfat of suckling and adult pigs. *Food Chemistry*, 79(2), pp.255–260. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881460200136X> [Accessed April 4, 2017].
- Bukkens, S.G.F., 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2–4), pp.287–319. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03670244.1997.9991521> [Accessed December 11, 2016].
- Butte, W., 1983. Rapid method for the determination of fatty acid profiles from fats and oils using trimethylsulphonium hydroxide for transesterification. *Journal of Chromatography A*, 261, pp.142–145. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021967301879310> [Accessed April 4, 2017].

- DeFoliart, G.R., 1989. The Human Use of Insects as Food and as Animal Feed. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 35(1), pp.22–36. Available at: <https://academic.oup.com/ae/article-lookup/doi/10.1093/besa/35.1.22> [Accessed January 30, 2017].
- Dufour, D.L., 1987. Insects as Food: A Case Study from the Northwest Amazon. *American Anthropologist*, 89(2), pp.383–397. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1525/aa.1987.89.2.02a00070> [Accessed January 29, 2017].
- Evans, J., Alemu, M. H., Flore, R., Frøst, M. B., Halloran, A., Jensen, A. B., ... & Payne, C. (2015). “Entomophagy”: an evolving terminology in need of review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4), 293-305., 2015. “Entomophagy”: an evolving terminology in need of review J. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(14), pp.293–305.
- Finke, M.D., 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21(3), pp.269–285. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/zoo.10031> [Accessed January 30, 2017].
- Finke, M.D., 2004. Nutrient Content of Insects. In *Encyclopedia of Entomology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 1563–1575. Available at: http://www.springerlink.com/index/10.1007/0-306-48380-7_2920 [Accessed January 30, 2017].
- Hayes, K., 2002. Dietary fat and heart health: in search of the ideal fat. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11(s7), pp.S394–S400. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1440-6047.11.s.7.13.x> [Accessed April 8, 2017].
- van Huis, A., 2003. Insects as Food in sub-Saharan Africa. *International Journal of Tropical Insect Science*, 23(3), pp.163–185. Available at: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1742758400023572 [Accessed January 31, 2017].
- Chen Xiaoming, Feng Ying, Z.H. and C.Z., 2010. Review of the nutritive value of edible insects.
- ISO 1442:1997. Meat and meat products -- Determination of moisture content (Reference method). International Organization of Standardization, Geneva, Switzerland, 4 p.
- ISO 12966-4:2015. Animal and vegetable fats and oils -- Gas chromatography of fatty acid methyl esters -- Part 4: Determination by capillary gas chromatography, Geneva, Switzerland, 21 p.

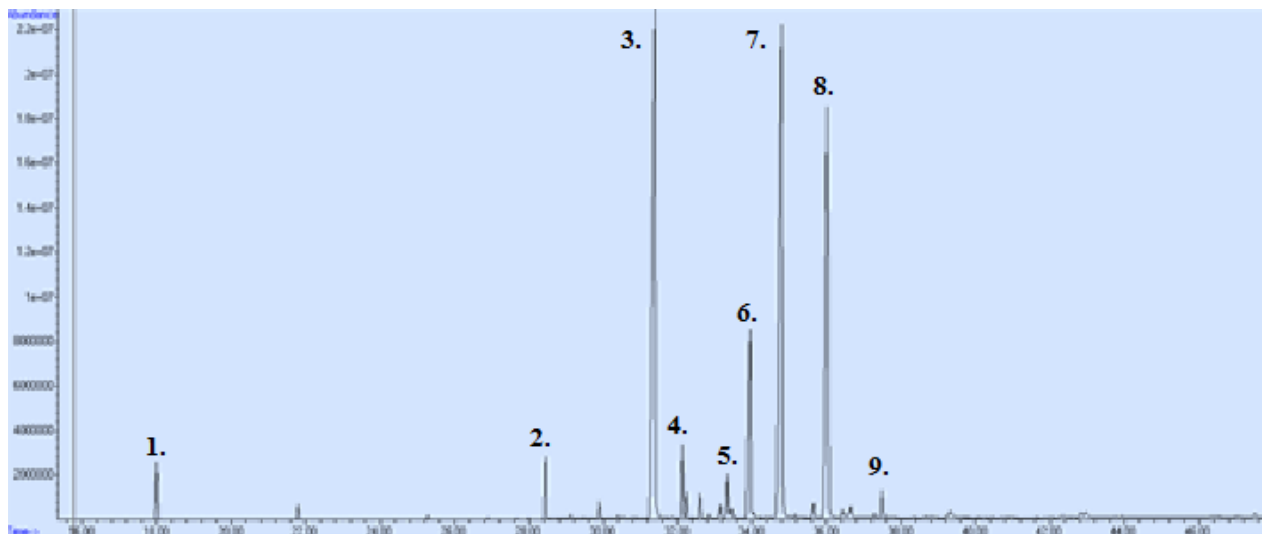
- Jiráček R & Zeman M, 2007. Vliv omega-3 a omega-6 nenasycených mastných kyselin na psychické poruchy. *Česká a slovenská psychiatrie*, r.103, pp.420–426. Available at: http://www.cspsychiatr.cz/dwnld/CSP_2007_8_420_426.pdf [Accessed April 8, 2017].
- Klunder, H.C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J.M., Nout, M.J.R., 2012. *Microbiological aspects of processing and storage of edible insects*.
- Lee, D.-S., Noh, B.-S., Bae, S.-Y., Kim, K., 1998. Characterization of fatty acids composition in vegetable oils by gas chromatography and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 358(2), pp.163–175. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267097005746> [Accessed April 4, 2017].
- De Marchi, M., Riovanto, R., Penasa, M., Cassandro, M., 2012. At-line prediction of fatty acid profile in chicken breast using near infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science*, 90(3), pp.653–657. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174011003469> [Accessed April 4, 2017].
- Mlček, J., Riovanto, R., Penasa, M., Cassandro, M., 2014. A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64(3), pp.147–157. Available at: <http://www.degruyter.com/view/j/pjfn.2014.64.issue-3/v10222-012-0099-8/v10222-012-0099-8.xml> [Accessed January 30, 2017].
- Mourek, J., 2011. Developmentally Dependent and Different Roles of Fatty Acids OMEGA-6 and OMEGA-3. *Prague Medical Report*, 112(2), pp.81–92. Available at: <http://pmr.cuni.cz/file/5586/pmr2011a0009.pdf> [Accessed April 8, 2017].
- Oliveira, J.F.S., Carvalho, J.P., Sousa, R.F.X.B., Simão, M.M., 1976. The nutritional value of four species of insects consumed in Angola. *Ecology of Food and Nutrition*, 5(2), pp.91–97. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03670244.1976.9990450> [Accessed January 31, 2017].
- Özogul, Y., Özogul, F. & Alagoz, S., 2007. Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. *Food Chemistry*, 103(1), pp.217–223.
- Raksakantong, P., Meeso, N., Kubola, J., Siriamornpun, S., 2010. Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terricolous insects. *Food Research International*, 43(1), pp.350–355.

- Ramos-Elorduy, J., 2009. Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39(5), pp.271–288. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x> [Accessed January 29, 2017].
- Ramos-Elorduy, J., 1998. Creepy Crawly Cuisine: The Gourmet Guide to Edible Insects - Julieta Ramos-Elorduy, Ph.D. - Knihy Google. Available at: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=XMrAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP8&dq=RAMOS-ELORDUY,+J.+1998.&ots=YSmx-Rc951&sig=oFgqK0rvo4pHthLLgHvLnIO2F5Q&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false [Accessed January 29, 2017].
- Ramos-Elorduy, J., 1997. Insects: A sustainable source of food? *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2–4), pp.247–276. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03670244.1997.9991519> [Accessed January 29, 2017].
- Rumpold, B.A. & Schlüter, O.K., 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), pp.802–823. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/mnfr.201200735> [Accessed January 30, 2017].
- Shockley, M. & Dossey, A.T., 2014. Mass Production of Beneficial Organisms Insects for Human Consumption.
- Sihamala, O., Bhulaidok, S., Li-rong, S., Duo, L., 2010. Lipids and Fatty Acid Composition of Dried Edible Red and Black Ants. *Agricultural Sciences in China*, 9(7), pp.1072–1077. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1671292709601929> [Accessed January 31, 2017].
- Simopoulos, A., 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(8), pp.365–379. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0753332202002536> [Accessed April 8, 2017].
- Skřivan, M., Ševčíková, S., Tůmová, E., Skřivanová, V., Marounek, M., 2002. Effect of copper sulphate supplementation on performance of broiler chickens, cholesterol content and fatty acid profile of meat Vliv doplňků síranu měďnatého na užitkovost brojlerových kuřat, obsah cholesterolu a profil mastných kyselin v mase. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.547.6705&rep=rep1&type=pdf> [Accessed April 4, 2017].

- Soxhlet, F., 1879. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. Dingers Polytechnisches Journal, 232, 461-465.
- Velíšek, J., 2014. *The chemistry of food*, Available at: https://books.google.cz/books/about/The_Chemistry_of_Food.html?id=-IdyAgAAQBAJ&redir_esc=y [Accessed April 4, 2017].
- Yang, L.-F., Siriamornpun, S. & Li, D., 2006. Polyunsaturated fatty acid content of edible insects in Thailand. *Journal of Food Lipids*, 13(3), pp.277–285. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4522.2006.00051.x> [Accessed January 31, 2017].
- Yang Guanhuan, 1998. Utility of Chinese resource insects and their industrialization - Google Scholar. *China Agriculture Science Press.*, p.5–54. Available at: https://scholar.google.cz/scholar?q=Utility+of+Chinese+resource+insects+and+their+industrialization&btnG=&hl=cs&as_sdt=0%2C5 [Accessed January 30, 2017].
- Yen, A.L., 2009. Edible insects: Traditional knowledge or western phobia? *Entomological Research*, 39(5), pp.289–298. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1748-5967.2009.00239.x> [Accessed January 30, 2017].

Přílohy

Příloha č. 1: Chromatogram – Profil mastných kyselin potměnků.



Majoritní mastné kyseliny:

1. C 8:0
2. C 14:0
3. C 16:0
4. C 16:1 (cis-9)
5. C 16:2 (trans-7,10)
6. C 18:0
7. C 18:1 (cis-9)
8. C 18:2 (cis-9,12)
9. C 18:3 (cis-9,12,15)